

AUROVA: Grupo de Automática, Robótica y Visión Artificial de la Universidad de Alicante

F.Torres¹, F.A.Candelas¹, S.T.Puente¹, F.G.Ortíz¹, J.Pomares¹, P.Gil¹ and C.Díaz¹

¹Dept Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal, Universidad de Alicante, Alicante, España,
e-mail: aurova@dfists.ua.es

Abstract—En este artículo se realiza una presentación general del grupo de investigación en automática, robótica y visión artificial de la Universidad de Alicante. El grupo, aunque de reciente creación, viene desarrollando ininterrumpidamente desde hace siete años labores de investigación en el terreno de la automatización avanzada, la robótica, la visión artificial y las nuevas tecnologías de la información aplicadas a la docencia. Como resultado de esta labor, en el presente artículo se presentan los proyectos en curso y realizados más destacados hasta la fecha, así como las Tesis Doctorales realizadas íntegramente en el seno del propio grupo y un resumen de las publicaciones más importantes.

Index Terms—proyectos, investigación, tesis doctorales en automática, robótica y visión artificial.

I. INTRODUCCIÓN

El Grupo de Automática, Robótica y Visión Artificial (AUROVA) del Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal de la Universidad de Alicante fue fundado en el año 1996 y está compuesto en la actualidad por 1 Catedrático de Universidad, 1 Titular de Universidad, 2 Profesores Titulares de Escuela Universitaria Doctores, 2 Profesores Titulares de Escuela Universitaria, 2 Profesores Asociados a Tiempo Parcial y 2 becarios de investigación, todos ellos pertenecientes al área de Ingeniería de Sistemas y Automática.

Su actividad se centra fundamentalmente en torno a las líneas de investigación de relacionadas con la Automatización Avanzada, la Robótica y la Visión Artificial, en las que se han realizado hasta la actualidad diversos proyectos de investigación y desarrollo, tanto de financiación pública como privada; Tesis Doctorales; publicaciones en revistas y congresos internacionales de reconocido prestigio, proyectos fin de carrera, etc.

El presente artículo se estructura de forma que cada apartado presenta un recorrido por las investigaciones más relevantes realizadas por el grupo desde su fundación, a través de los proyectos y Tesis Doctorales realizadas en las líneas de Automatización Avanzada (Apartado II), Robótica (Apartado III), Visión Artificial (Apartado IV) y Educación (Apartado V). Finalmente se presentan en el apartado VI los resultados y conclusiones principales.

II. LÍNEA DE AUTOMATIZACIÓN AVANZADA

Dentro de la línea de automatización nuestra actividad se ha desarrollado fundamentalmente en el campo de la fabricación avanzada flexible y automatizada. Cabe destacar fundamentalmente dos proyectos de investigación financiados por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, un proyecto autonómico, un proyecto de carácter local y una Tesis Doctoral realizada.

A. Sistema Robotizado de Desensamblado Automático basado en Modelos y Visión Artificial (CICYT TAP1999-0436)

En este primer proyecto se ha encaminado la investigación hacia técnicas de desensamblado no destructivo de un producto, tanto parcial como total. La arquitectura del sistema diseñado está esquematizada en la figura 1. El planificador global recibe la orden de desensamblado total o parcial, en cuyo caso ha de especificarse que componentes del producto se tienen que desensamblar.

Una vez identificado el producto en la base de conocimiento a partir de la información captada y procesada por el sistema de visión artificial, se procede a generar un modelado del producto, que se completa gradualmente con el propio proceso de desensamblado a partir de la información almacenada en la base de conocimiento y la captada y procesada por el sistema de visión artificial. Inicialmente en la base de conocimiento se dispone de un modelo relacional genérico (grafo genérico de relaciones jerárquicas entre los componentes que integran el producto), que se amplía gradualmente con el propio proceso, y que constituye la base del módulo “Planificador de secuencia”. Adicionalmente, se genera gradualmente un modelo geométrico del producto como agrupación de componentes a partir del modelo relacional existente en ese momento, de modelos geométricos de componentes almacenados en la base de conocimiento, y de información de localización de los componentes obtenida por medio del sistema de visión artificial. El modelo geométrico así obtenido es empleado por el módulo “Generador de movimientos” (Figura 1).

El “Planificador de secuencia”, a partir del modelo re-

lacional existente en ese momento, tiene como función seleccionar de forma automática los componentes que son necesarios desmontar para poder desensamblar uno dado, y establecer el orden en que se tiene que proceder a separar cada uno de ellos, todo ello sin que se efectúen más operaciones de las necesarias.

La función del módulo “Generador de movimientos” es generar la trayectoria cartesiana para separar un componente del resto del montaje, es decir, hay que determinar los movimientos que el robot tiene que realizar para desmontar un componente concreto, considerando como restricciones el resto del montaje y la cinemática del robot a emplear. Para ello se parte del modelo geométrico establecido hasta ese momento para el producto.

Una vez generadas la sucesión de movimientos, previo al desensamblado automático real por medio de un sistema robotizado, se dispone de un módulo de simulación que permite visualizar el proceso de desensamblado (Figura 1).

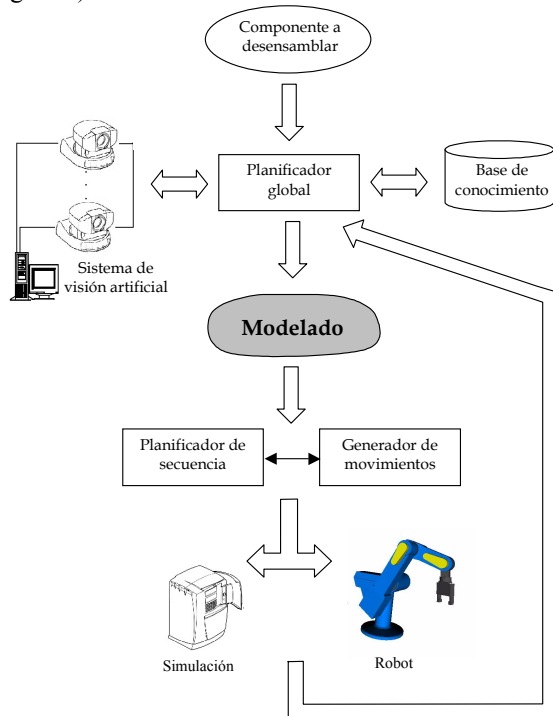


Figura 1. Esquema global del proyecto.

B. Tesis Doctoral: “Desensamblado automático no destructivo para la reutilización de componentes. Aplicación al desensamblado de PC’s”

Entre los años 1998 y 2002 se ha realizado una Tesis Doctoral cuyos resultados y aportaciones principales están íntimamente ligadas a las obtenidos en el proyecto anterior. Las diferentes técnicas investigadas se han aplicado al desensamblado parcial no destructivo de PC’s. La célula construida para el desensamblado está formada

por un robot Scorbot ER-IX de cinco grados de libertad, con una pinza de dedos paralelos como herramienta. También se ha construido una mesa de trabajo giratoria, que permite orientar el producto dotando al sistema de un grado de libertad adicional. Por último, el sistema se completa con el sistema sensorial, dotado de un par estereoscópico montado sobre un robot cartesiano y-z y de una minicámara ubicada en el extremo del robot Scorbot ER-IX, encargado de reconocer y localizar los componentes del producto (Figura 2).

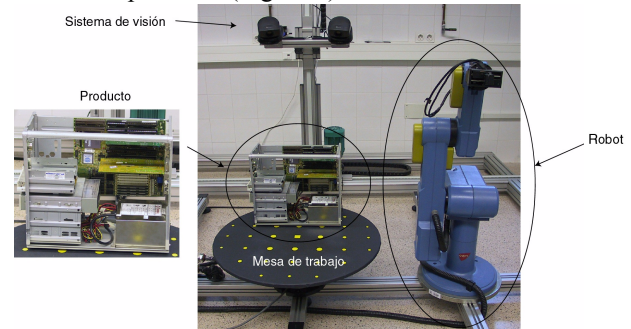


Figura 2. Célula de trabajo empleada para el desensamblado automático.

C. DESAURO: Desensamblado Automático Selectivo para Reciclado mediante Robots Cooperativos y Sistema Multisensorial (MCYT DPI2002-02103)

Este proyecto, actualmente en fase de desarrollo es la continuación lógica en la línea de desensamblado automático del primero realizado. En este segundo proyecto las investigaciones se están centrando fundamentalmente en el desarrollo de una célula de desensamblado automático compuesta de dos brazos robots industriales trabajando de forma cooperativa. Para ello se está investigando en el terreno de sistemas multi-sensoriales, robots cooperativos, supervisión, etc.

Las técnicas de desensamblado automático permiten separar los distintos elementos que forman un producto de cara a su reciclado, de forma que se puede considerar el proceso de desensamblado como selectivo, destructivo cuando sea necesario y no destructivo en el resto de situaciones. El desensamblado automático requiere mayor capacidad de control on-line, mayor grado de flexibilidad y adaptabilidad a los cambios surgidos durante el propio proceso debido a la incertidumbre existente con respecto al producto a desensamblar, al estado de conservación del mismo, al gran número de fabricantes existentes y su gama de productos, etc. Todo ello confiere un grado de dificultad superior, siendo necesarios métodos muy potentes de reconocimiento y localización de objetos y piezas a partir de la información procedente de un sistema

multi-sensorial.

Igualmente, el uso de robots cooperativos resulta, además de interesante, una estrategia necesaria para poder abordar muchas tareas de desensamblado. Además, en un sistema de desensamblado, cuyo entorno cambia constantemente, es necesario disponer de un módulo de supervisión que realice automáticamente tareas como la comprobación de si el proceso se lleva a cabo correctamente, según las directivas proporcionadas por los módulos de planificación de movimientos, o si se efectúa según los parámetros previstos el desmontaje de cada uno de los componentes.

D. Célula Flexible de Fabricación Automatizada (Generalitat Valenciana INF00-27)

Con este proyecto fue posible la construcción de una célula flexible de fabricación, compuesta fundamentalmente por un robot PA-10 de 7 grados de libertad, así como diferente sensorización de fuerza y visión artificial. En la figura 3 se puede observar la célula integrada con el resto de equipos que ya existían en el laboratorio.

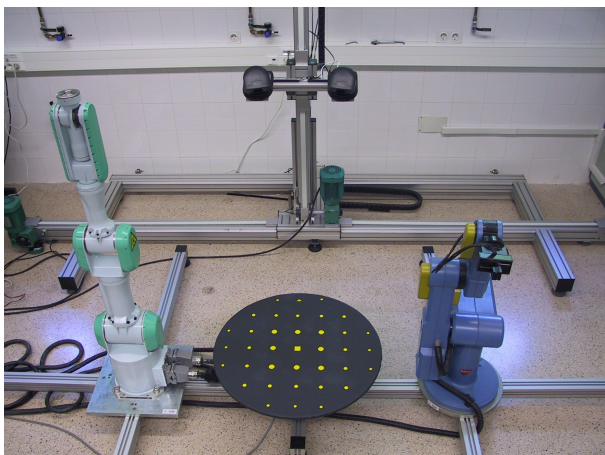


Figura 3. Célula flexible de fabricación.

E. Aplicación de la morfología matemática 3D a la generación de trayectorias de desensamblado (Universidad de Alicante 2002)

Este proyecto, actualmente en fase de desarrollo surge como continuación de las tesis doctorales tituladas: “Desensamblado automático no destructivo para la reutilización de componentes. Aplicación al desensamblado de PC’s” y “Procesamiento Morfológico de Imágenes en Color. Aplicación a la Reconstrucción Geodésica”.

La experiencia adquirida en estas tesis permite abordar objetivos más ambiciosos. En este caso se trata de enfocar el proceso de obtención de los movimientos de desensamblado requeridos por un componente para sepa-

rarlo del resto. Para ello en lugar de utilizar técnicas básicas de robótica móvil se pretende aplicar la geodesia básica sobre morfología matemática 3D. De esta manera se conseguiría, utilizando un modelo geométrico del producto, el camino a seguir por un componente para separarlo del resto del producto.

Las técnicas planteadas para la resolución del cálculo de la trayectoria a seguir por un componente implican la necesidad de trabajar principalmente en dos líneas de forma paralela, por un lado en el cálculo de trayectorias y navegación por un entorno tridimensional utilizando para ello la morfología matemática, y por el otro lado en sistemas de supervisión de las operaciones, en este caso se pretende supervisar el correcto enganche del componente utilizando para ello un sistema de visión artificial, que indique si el punto de enganche es estable.

En la figura 4 se puede observar el camino a seguir por un componente para poder eliminarlo del entorno 3D en el que se encuentra.

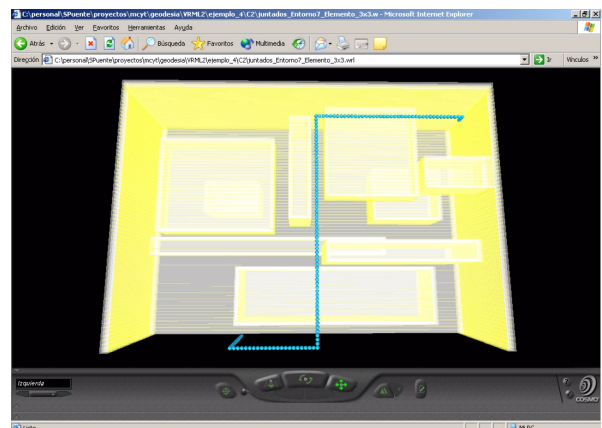


Figura 4. Trayectoria a seguir en un entorno 3D.

III. LÍNEA DE ROBÓTICA

La línea de robótica está íntimamente ligada con proyectos y desarrollos comentados en el apartado anterior, y con otros incluidos en el resto de apartados de este artículo. Sin embargo, el grupo también ha realizado algunas investigaciones y desarrollos en campos de trabajo más próximos a la robótica y que no se encuadran tan obviamente en las otras líneas. En este terreno destacan dos proyectos autónomos fundamentalmente.

F. Telemanipulación de Robots a través de Internet mediante Entornos Virtuales y Realimentación Multisensorial (Generalitat Valenciana CTIDIA/2002/108)

Con este proyecto de investigación se han investigado y desarrollado nuevos algoritmos, herramientas y tecnologías para la teleoperación remota de brazos robot a tra-

vés de redes de datos, y principalmente de Internet. Se ha ampliado el concepto de teleoperación al de telemanipulación, lo que hace referencia a que el usuario no solo controla un robot, sino que también manipule con él los objetos presentes en el área de trabajo.

Para posibilitar la telemanipulación, la simulación no solo modela los robots, otros posibles manipuladores y el área de trabajo, sino también los objetos que se manipulan. La identificación y representación de los segundos resulta compleja, ya que estos objetos pueden tener diferentes geometrías y ubicaciones variables según la aplicación que en un momento se esté realizando, en contraste con la geometría y dinámica bien conocidos de los manipuladores y el área de trabajo. Este es el tema sobre el que se ha investigado con mayor atención, así como desarrollar e implementar técnicas para el reconocimiento, modelado y representación de esos objetos en el entorno virtual (Fig. 5).

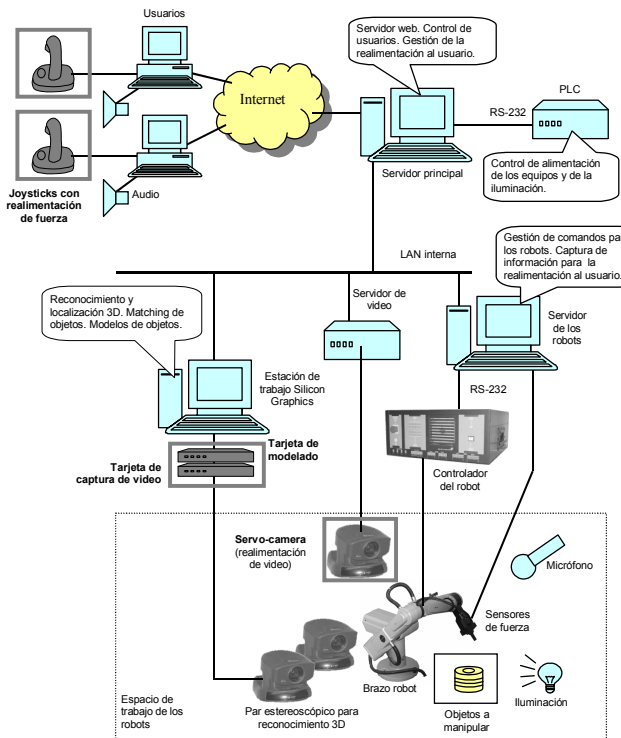


Figura 5. Arquitectura del proyecto

G. Plataforma de investigación en navegación autónoma (Generalitat Valenciana INF01-11)

Esta ayuda de la Generalitat Valenciana se ha realizado conjuntamente con la Universidad Miguel Hernández de Elche. Fundamentalmente, la ayuda se centra en trabajar con robots de navegación autónoma, tales como el representado en la figura 6.



Figura 6. Robot móvil empleado en el proyecto.

IV. LÍNEA DE VISIÓN ARTIFICIAL

Esta línea es una de las más veteranas dentro del grupo de investigación. En concreto se ha realizado un proyecto nacional, dos Tesis Doctorales, otras Tesis en curso de realización, alguna ayuda de carácter autonómico y proyectos con empresas. Sin embargo, no se trata de una línea aislada del resto dentro del grupo, si no que es un campo de trabajo en conexión directa con las otras líneas activas.

H. Driver para Tarjeta de Adquisición y Procesamiento de Imágenes, y Desarrollo de una Interfaz de Usuario (CICYT TAP96-0629-C04-01)

Este proyecto desarrollado entre los años 1996 y 1998 fue coordinado con las Universidades Politécnica de Cataluña, Autónoma de Barcelona y Rovira i Virgil de Tarragona.

En el subproyecto realizado por nuestro grupo se realizó un driver y se diseñó y desarrolló una interfaz de usuario.

En el proyecto el concepto de división entre interfaz e intérprete se ha extendido a un entorno distribuido. El intérprete está contenido en una aplicación llamada Servidor de Comandos, a la que pueden conectarse diferentes aplicaciones Cliente de Interfaz de Usuario.

Se han desarrollado dos aplicaciones Cliente de Interfaz muy diferentes:

- **Aplicación de Consola.** Permite una comunicación directa con el Intérprete de Comandos de EVA. Fue desarrollada inicialmente con el propósito de ofrecer operatividad inmediata al intérprete de comandos.
- **Entorno Visual.** Es una interfaz de muy alto nivel con el intérprete, ya que permite expresar las secuencias de comandos a ejecutar (o

programas) como esquemas gráficos fáciles de crear e interpretar.

Se ha creado una cuarta aplicación cuyo objetivo principal es mostrar imágenes: el Servidor de Imágenes o Visualizador. Esta aplicación es también servidora, y a ella se pueden conectar otras aplicaciones cliente para solicitar la creación de una ventana donde mostrar una nueva imagen. Las aplicaciones Servidor de Comandos son las que actúan de clientes en este caso.

Las cuatro aplicaciones citadas son independientes con respecto a la ejecución, pero entre ellas existen las relaciones de comunicación cliente - servidor que implican ciertas dependencias entre aplicaciones.

La conexión entre las aplicaciones se realiza a través de sockets bajo los protocolos TCP-IP, pudiendo existir varias instancias de cada una de ellas. El entorno mínimo se compone de una aplicación de cada tipo, y en un caso límite, ejecutándose dentro de una misma máquina.

En la figura 7 se muestra un ejemplo de ejecución sobre cuatro máquinas conectadas en red.

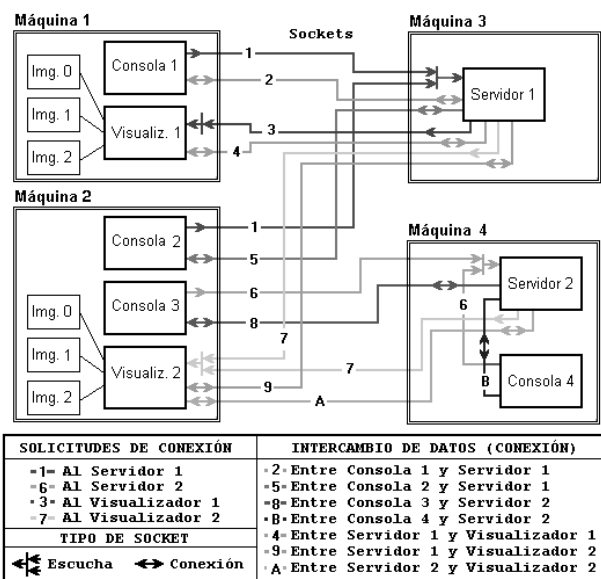


Figura 7. Ejemplo de ejecución de las aplicaciones sobre cuatro máquinas.

I. Tesis Doctoral: "Extensión de técnicas de planificación espacio-temporal a sistemas de visión por computador"

Esta Tesis Doctoral se ha realizado entre los años 1996-2001 y fue una extensión de los resultados obtenidos en el proyecto comentado anteriormente.

En ella se desarrolló un entorno visual como una aplicación que permite investigar y desarrollar algoritmos de visión artificial a alto nivel. Con él es posible especificar un programa o algoritmo como un esquema o dibujo gráfico

compuesto de una serie de objetos gráficos u OPIs (Objetos de Procesamiento de Imágenes) que representan las distintas operaciones a realizar, y que están interconectados entre sí reflejando el intercambio de datos (o imágenes) y el flujo de ejecución.

El entorno visual no ejecuta un esquema por sí solo, sino que actúa como una interfaz entre el intérprete y el usuario. Es una aplicación cliente del Servidor de Comandos, su función es transformar la representación gráfica del esquema en comandos e interpretar las respuestas para actualizar el estado del esquema en pantalla.

El entorno visual no posee características propias de visualización de imágenes. Pero es posible incluir en los esquemas un OPI Visualizador. (Fig.8).

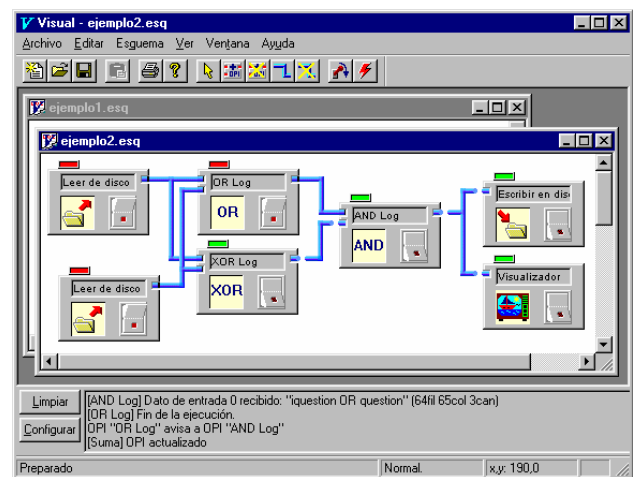


Figura 8. Entorno visual desarrollado.

Con respecto a otras aplicaciones similares, como por ejemplo el entorno Cantata de Khoros, la presente aplicación mejora algunos aspectos: en la representación gráfica de OPIs y conexiones, posibilidad de generar subrutinas de código y agruparlas en un sólo OPI, trabajar con varias capas de dibujo, además de haber sido diseñada de forma específica para las necesidades propias y resultar una interfaz en castellano.

En esta Tesis se ha incorporado una nueva funcionalidad a partir de la información generada por el usuario a través del entorno visual, y que supone una aportación novedosa y original frente a otras aplicaciones de este tipo. Se ha logrado utilizar la representación de un esquema dibujado no sólo para simular un algoritmo y generar posteriormente un programa o código para un intérprete, sino también para realizar una planificación espacio-temporal de las tareas que lo componen entre el hardware disponible sobre la plataforma final en la que se ejecutará el algoritmo. De esta forma se consigue, no sólo evaluar la bondad de un determinado proceso a través de su simulación, sino también obtener la optimización del código para cada aplicación en particular me-

dian­te una distribución espacio-temporal automatizada de cada una de las tareas constituyentes según los recursos disponibles en ella.

Con este propósito como fin se ha enlazado el entorno visual con un planificador de tareas. Es la aportación más novedosa e interesante ya que, aunque actualmente se pueden encontrar algunas herramientas que permiten la especificación visual de algoritmos de procesamiento de imágenes para visión artificial, no permiten evaluar el resultado de posibles estrategias de planificación y asignación sobre esos algoritmos (Fig. 9).

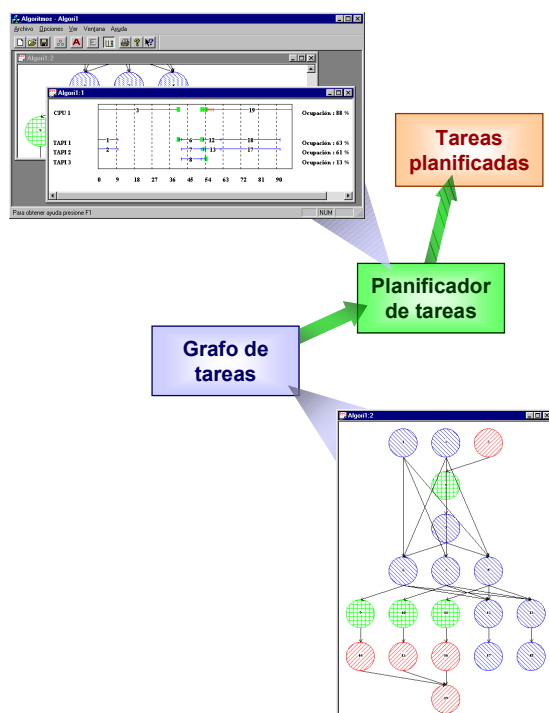


Figura 9. Planificador espacio-temporal de tareas.

J. Tesis Doctoral: "Procesamiento morfológico de imágenes en color. Aplicación a la reconstrucción geodésica"

Esta Tesis Doctoral se centra, fundamentalmente en dos principales objetivos:

- La extensión general de las operaciones morfológicas a imágenes cromáticas sobre la base cromática HSI.
- La aplicación concreta de las transformaciones geodésicas en color.

La extensión de las operaciones morfológicas a imágenes en color se realiza empleando la familia de espacios de color HSI. Concretamente, se estudia la adecuación de los espacios orientados a usuario en el establecimiento de un orden entre los colores presentes en una imagen cromática. Se analiza la situación del matiz indefinido y su tratamiento en procesamiento de imágenes. La detección de pixels con matiz indefinido en una imagen cromática es realmente importante, pues el retículo

de colores no puede emplear en ningún caso una señal que puede llegar a ser indefinida. Se presenta una extensión del concepto de distancia de matiz, desarrollado por otros autores, que ahora permite identificar, en un mismo mapa o canal, los pixels de matiz indefinido. Asimismo, se emplea el concepto de umbral de saturación, aplicable en todos los espacios de la familia HSI, para separar, en una imagen y en función de la saturación, los pixels de matiz significativo de los que carecen de cromaticidad.

En el desarrollo de una función de orden se demuestra, después de un amplio estudio de los métodos de ordenación vectorial, que la ordenación lexicográfica es la que mejor interacciona con la familia de espacios HSI, al dar mayor prioridad a unas señales frente a otras en el momento de establecer el orden entre los colores. En relación a la prioridad de componentes, se presentan los conceptos de retículo orientado a matiz y retículo orientado a intensidad, como las variantes de orden más significativas, de todas las permutaciones lexicográficas posibles. Para evitar la alta dependencia que la señal prioritaria posee en el establecimiento del orden lexicográfico, se ha desarrollado un nuevo orden, denominado α -lex, que permite reducir el elevado uso de la componente prioritaria a favor de la segunda componente. De esta manera, se logra una ordenación de colores más avanzada, pues el empleo del factor α mantiene la decisión de orden en la primera componente si los pixels vectoriales están claramente diferenciados por el valor de la primera señal (a una distancia mayor que α definida por el usuario). En caso contrario, la segunda componente interviene para decidir la ordenación de los elementos del retículo. Los diferentes valores de α del nuevo método lexicográfico permiten el cambio progresivo entre un retículo orientado a matiz y uno orientado a intensidad.

En relación a las operaciones geodésicas, se estudia el comportamiento de todas las operaciones de la geodesia numérica en imágenes cromáticas. Se comprueba como el mantenimiento de un índice de orden permite que las operaciones conserven las mismas propiedades que en escala de grises. Se comprueba la ausencia de falsos colores en los resultados de las operaciones si todas ellas involucran operaciones vectoriales y los colores del marcador no difieren de los presentes en la máscara cromática. Se realiza un estudio particular de la reconstrucción geodésica, como la herramienta más poderosa de todas las presentes en geodesia. Se comprueba como esta operación permite la simplificación de la imagen, eliminando de la escena todas aquellas estructuras indeseadas por selección de matiz o intensidad.

Los resultados de la investigación han sido aplicados fundamentalmente en dos campos, el procesamiento de imágenes médicas (Fig. 10) y la eliminación de brillos en imágenes cromáticas (Fig.11).

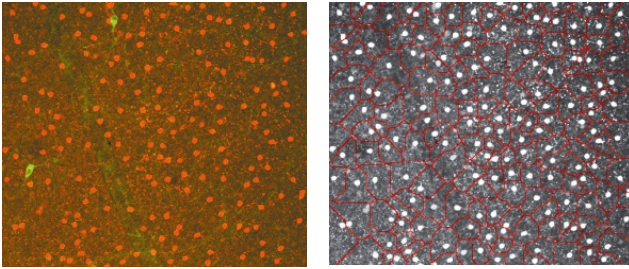


Figura 10. Aplicación de detección de células.



Figura 11. Eliminación de brillos.

K. Tesis Doctoral: “Control visual 2D indirecto para el seguimiento intemporal de trayectorias y su aplicación a estrategias de control visual-fuerza en manipuladores”

En esta tesis doctoral que está actualmente en fase de finalización se ha investigado en control visual. La mayoría de las aplicaciones actuales de los sistemas de control basados en imagen son tareas punto a punto en las que se desea alcanzar una determinada configuración de las características en la imagen a partir de una configuración inicial, no pudiendo especificar una trayectoria entre las configuraciones inicial y deseada. Solo recientemente es posible encontrar sistemas de control visual basados en imagen para el seguimiento de trayectorias. Sin embargo, estos sistemas presentan un comportamiento dependiente del tiempo en los que la configuración actual y la deseada se encuentran separadas por un intervalo de tiempo, Δt . Sin embargo, el mantener las restricciones temporales no es crítico comparado con la necesidad de mantener la trayectoria en la imagen, de forma que se puede correr el riesgo de no seguir la trayectoria adecuada a costa de intentar mantener las restricciones temporales. Para resolver este problema, se describe un nuevo sistema de seguimiento de trayectorias, denominado control visual basado en flujo de movimiento, con el que la tarea a desarrollar por el robot se codifica en el espacio de configuraciones de la imagen (Fig.12). La aproximación propuesta supone una particularización de los campos de velocidad (denominados aquí como flujos de movimiento) al caso de seguimiento de trayectorias en el espacio imagen. De esta manera, el sistema de control de trayectorias diseñado es un sistema

de control basado en imagen que hace uso de la información almacenada en el flujo de movimiento como referencia del sistema de control visual. Otro aspecto tampoco desarrollado en trabajos anteriores, y sí tratada en esta Tesis, es la generación automática de los flujos de movimiento. También se describe como puede hacerse uso de esta estrategia para el seguimiento de trayectorias ante oclusiones y de objetos en movimiento, así como su extensión a sistemas de control visual-fuerza.

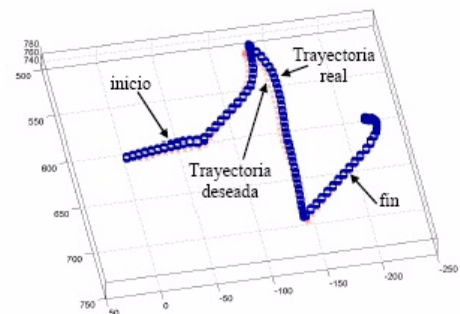
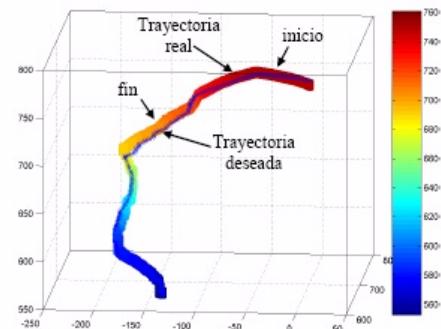


Figura 12. Trayectorias en el espacio 3-D

L. Red Temática “TAVArCA: Técnicas Avanzadas de Visión Artificial para Aplicaciones Industriales” (Generalitat Valenciana XT01-14)

Esta red temática se constituyó en el año 2001, y participaron las Universidades de Alicante, Politécnica de Valencia, Miguel Hernández de Elche, Politécnica de Madrid, Politécnica de Cartagena, Nacional de Educación a Distancia, de Extremadura, de Castilla La Mancha y de San Juan (Argentina).

M. Proyecto de Investigación “Detección Automática de Defectos en Vidrio Plano. Estudio de Viabilidad” (CRISTALSOLER1-02PA)

Este proyecto, que ha sido desarrollado entre los años 2002 y 2003 para la empresa Cristalería Soler Hermanos, en la Universidad de Alicante, ha consistido en un estudio de la viabilidad sobre la aplicación de técnicas de visión artificial para detectar de forma automática ciertos defectos de diferentes tipos generados en el proceso de tintado de cristales de vidrio. Esta detección se hace de

forma manual en la actualidad. En el estudio no sólo se ha verificado la viabilidad de la detección automática (Fig. 13), sino que también se han analizado las necesidades de equipamiento para satisfacer las características de tamaño de los cristales, velocidad de proceso y estándares de calidad requeridos por la empresa.

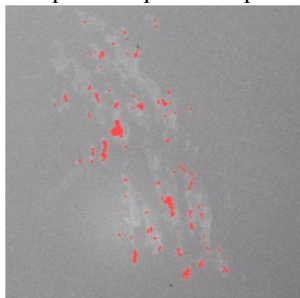


Figura 13. Ejemplo de detección de defectos en un cristal de vidrio tintado.

N. Proyecto de Investigación “Sistema de Detección de Defectos Provocados por Vibraciones en Planchas de Aluminio Mediante Visión Artificial (ALCOAEUROPE1-00PA)”

Este proyecto de investigación ha sido contratado, durante los años 1997 y 2000, por la empresa ALCOA Europe, dedicada a industria del aluminio. En el se alcanzó el objetivo de desarrollar un sistema de detección de defectos provocados en el proceso de laminación de bandas de aluminio debidos a la excentricidad de los rodillos. El sistema, que funciona actualmente en la línea de producción, se basa en proyectar un haz láser sobre la plancha en línea de producción, el cual crea un patrón de interferencia al reflejarse sobre la plancha de aluminio (Fig. 14). El patrón es recogido por una cámara y analizado por un computador para determinar el grado de calidad de la plancha. El hecho de que actualmente se trabaja en una versión mejorada del sistema dentro de un nuevo contrato evidencia la satisfacción de la empresa con el sistema.

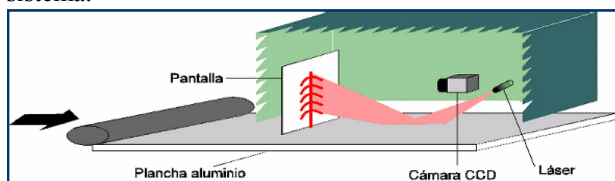


Figura 14. Esquema del sistema de detección de defectos en planchas de aluminio.

V. LÍNEA DE EDUCACIÓN

El grupo de investigación, formado en su totalidad por profesores del área de ingeniería de sistemas y automática, ha centrado parte de su actividad en la investigación docente, y más concretamente en la aplicación de las TIC's al entorno educativo. Concretamente el grupo ha

disfrutado de varios proyectos y ayudas, fundamentalmente de carácter local, que han permitido desarrollar mejor la labor formativa propia de un profesor universitario.

O. Redes docentes

Los miembros del grupo forman parte de redes docentes financiadas por el ICE de la Universidad de Alicante en convocatorias abiertas. El objetivo principal de estas redes es la investigación de las técnicas multimedia y tecnologías web más adecuadas que permitan la creación de entornos de trabajo colaborativos, de forma que el profesor y los alumnos puedan interactuar entre sí simultáneamente. Este es el tema central de la investigación. De esta forma sería posible establecer los criterios necesarios para poder implementar una web de educación colaborativa, en las que una clase hipotéticamente se pudiera desarrollar de forma telemática. Todo lo necesario sería un terminal informático con el soporte hardware y software requerido para cada uno de los interlocutores, en este caso profesor y alumnos. Aplicando las técnicas adecuadas, el profesor podría realizar demostraciones que pudieran visualizarse por la totalidad de los alumnos, o bien por un grupo reducido de ellos según las necesidades docentes del momento. Igualmente, podría realizar preguntas a un alumno concreto y que las respuestas pudieran ser visualizadas por todos ellos o por uno o varios alumnos en particular.

P. Laboratorio virtual remoto para la realización de prácticas sobre sistemas físicos reales a través de WWW (Universidad de Alicante-2001)

Este proyecto fue financiado durante el año 2001 por el Vicerrectorado de Estudios e Innovación Educativa de la Universidad de Alicante.

El objetivo global del presente proyecto es la utilización de internet para la realización de prácticas sobre equipos de un elevado coste y que permita la versatilidad de horarios por parte de los estudiantes para realizar los experimentos propuestos. Para la consecución de este objetivo global se realizó la mejora de un laboratorio virtual remoto ya existente, “RoboLab: Laboratorio Virtual de Robótica básica a través de Internet” (<http://www.disclab.ua.es/gava/vir.html>), empleado en la docencia de prácticas de la asignatura “Tecnología y Control de Robots y Sistemas Sensoriales” desde el curso 1998/1999 de las Titulaciones Ingeniero en Informática, Ingeniero Técnico en Informática de Sistemas e Ingeniero Técnico en Informática de Gestión, en el curso 2000/2001 tenía 240 alumnos matriculados.

El laboratorio virtual se caracteriza por presentar una arquitectura distribuida a través de internet para el acceso de los estudiantes basada en una estructura cliente-

servidor. El resto de la arquitectura del sistema está detrás de un servidor web en una red interna, donde existirá un ordenador encargado de controlar el sistema físico real, una base de datos y un servidor de vídeo encargado de capturar y transmitir imágenes a través de internet que permitan la realimentación visual del sistema. En la figura 15 se presenta el aspecto de la interface de usuario que permite teleoperar un robot a través de internet.

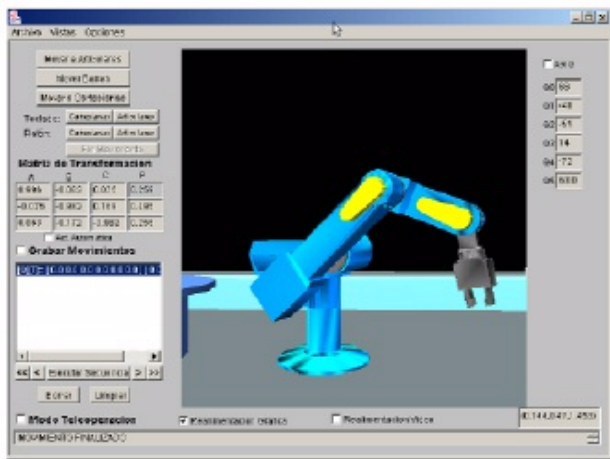


Figura 15. Interface de usuario de RoboLab.

VI. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El grupo AUROVA: Automática, Robótica y Visión Artificial es un grupo joven en doble sentido, respecto a su corta andadura como grupo, sólo 7 años; y por otro lado respecto a los investigadores que lo conforman, con una media de edad de 29 años. Sin embargo, consideramos que es un grupo dinámico y abierto en todo momento a posibles colaboraciones con otros grupos de investigación con intereses científicos análogos.

Dentro de las líneas presentadas, el grupo presenta diferentes resultados de la investigación realizada, plasmados en la publicación de varios trabajos en revistas de reconocido prestigio y en congresos internacionales y nacionales, entre los que caben destacar los siguientes.

Q. Libros

En la línea de robótica [1].

R. Revistas del JCR

En la línea de automatización avanzada [2], [3] y [4]. En la línea de visión artificial [5], [6], [7], [8], [9], [10] y [11]. En la línea de Educación [12].

S. Otras revistas y congresos internacionales relevantes

En la línea de automatización avanzada [13], [14], [15], [16] y [17]. En la línea de Robótica [18] y [19]. En la línea de visión artificial [20], [21], [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29] y [30]. En la línea de Educación [31] y [32].

REFERENCES

- [1] F.Torres, J.Pomares, P.Gil, S.T.Puente, R.Arakil, *Robots y Sistemas Sensoriales*, Prentice-Hall, Madrid: 2002, 480.
- [2] F. Torres, P.Gil, S.T. Puente, J.Pomares, R. Arakil, "Automatic PC disassembly for component recovery" *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, aceptado pendiente de publicación.
- [3] F.Torres, S.Puente, R.Arakil "Disassembly planning based on precedence relations among assemblies" *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol.21, Abril, 2003, 317-327.
- [4] C.Fernández, F.Torres, S.Puente "SASEPA: Simultaneous Allocation and Scheduling with Exclusion and Precedence relations Algorithm" *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2328, Junio, 2002, 65-71.
- [5] F.Torres, J.Angulo, F.Ortiz. "Automatic detection of specular reflectance in colour images using MS diagram" *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2756, 2003, 132-139.
- [6] F.A.Candelas, F.Torres, P.Gil, S.Puente "Static Scheduling with Interruption Costs for Computer Vision Applications" *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2565, Abril, 2003, 509-522.
- [7] F. Ortiz, F. Torres, E. De Juan, N. Cuenca "Colour mathematical morphology for neural image analysis" *Real-Time Imaging*, vol. 8, Noviembre, 2002, 1-11.
- [8] F.Torres, L.M.Jiménez, F.A.Candelas, J.M.Azorín, R.J.Agulló "Automatic Inspection for Phase Shift Reflection Defects in Aluminium Web Production" *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 13, Junio, 2002, 151-156.
- [9] F.Torres, F.A.Candelas, S.T.Puente, F.G.Ortiz "Graph models applied to specification, simulation, allocation, and scheduling of real-time computer vision applications" *International Journal of Imaging Systems and Technology*, vol. 11, Mayo, 2001, 287-291.
- [10] F.Torres, F.A.Candelas, S.T.Puente, L.M. Jiménez, C. Fernández, R.J. Agulló. "Simulation and Scheduling of Real-Time Computer Vision Algorithms" *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 1542, Enero, 1999, 98-114.
- [11] F.Torres, J.M.Sebastián, R.Arakil, L.M.Jiménez, O.Reinoso. "Automated Real-Time Visual Inspection System for High-Resolution Superimposed Printing" *Image and Vision Computing*, vol. 16, Agosto, 1998, 947-958.
- [12] F. A. Candelas, S. T. Puente, F. Torres, F. G. Ortiz, P. Gil, J. "Educational virtual laboratory for training of robotics" *International Journal of Engineering Education*, vol. 19, no. 3, Junio, 2003, 363-370.
- [13] S.T. Puente, F. Torres, R. Arakil, "Non-Destructive Disassembly Robot Cell for Demanufacturing Automation," in *Proceedings of the IFAC Workshop IAD'03*. 2003, 126-131.
- [14] J.Pomares, F.Torres, S.T.Puente, "Disassembly movements for geometrical objects through heuristic methods," in *Proceedings of the SPIE Conference*, vol. 4569, 2002, 71-80.
- [15] S.T.Puente, F.Torres, J.Pomares, "Product disassembly scheduling using graph models," in *Proceedings of the SPIE Conference*, vol. 4569, 2002, 63-70.
- [16] P.Gil, S.T.Puente, F.Torres, J.Pomares, F.A.Candelas, "Data fusion from multiple cameras for automatic disassembly," in *Proceedings of the IFAC Workshop IAD'01*, 2001.

- [17] S.T.Puente, F.Torres, P.Gil, "An approach to disassembly sequence generation," in *Proceedings of the IFAC Workshop IAD'01*, 2001.
- [18] F.Torres, S.T.Puente, J.Canovas, J.Mangas, C.Martinez-Larraz, "Web teleoperation of robots with simulation feedback," in *Proceedings of the SPIE Conference*, vol. 4570, 2002, 105-112
- [19] S.T.Puente, F.Torres, F.A.Candelas, F.G.Ortiz, "Remote Robot Execution through WWW Simulation," in *Proceedings of the IEEE 15th ICPR*, vol. 4, 2000, 503-506.
- [20] J. Pomares, F.Torres, P.Gil, "Visual servoing and force control fusion for complex insertion tasks," in *Proceedings of the ICRA*, 2003, 325-362.
- [21] J.Pomares, F.Torres, P.Gil, "2-D visual servoing with integration of multiple predictions of movement based on Kalman filter," in *Proceedings of the 15th IFAC World Congress on Automatic Control*, 2002.
- [22] A. Vicente, P. Gil, O. Reinoso, F. Torres, "Objects recognition by means of projective invariants considering corner-points," *Journal of WSCG*, vol. 10, Febrero, 2002, 129-136.
- [23] F.Ortiz, F.Torres, J.Angulo, S.Puente, "Comparative study of vectorial morphological operations in different color spaces," in *Proceedings of the SPIE Conference*, vol. 4572, 2001, 259-268.
- [24] O.Reinoso, J.M.Sebastián, R.Aracil, F.Torres, "Morphological operations with subpixel resolution on digital images," *Machine Graphics & Vision*, vol. 10, Enero, 2001, 89-102.
- [25] F.Ortiz, F.Torres, S.Puente, F.Candelas, P.Gil, "Use of Hue/Saturation/Intensity Color Spaces to the Morphological Processing of Color Images," in *Proceedings of the CGIP'2000*, 2000.
- [26] L.M.Jiménez, O.Reinoso, R.Aracil, F.Torres, J.M.Sebastián, "Vergence Control System for Stereo Depth Recovery," in *Proceedings of the SPIE Conference*, vol. 3652, 1999, 232-237.
- [27] J.M.Sebastián, O.Reinoso, R.Aracil, D.García, F.Torres, "Reconstruction of Step Edges with Subpixel Accuracy in Graylevel Images," in *Proceedings of the SPIE Conference*, vol. 3170, 1997, 215-226.
- [28] J.M.Sebastian, F.Torres, R.Aracil, O.Reinoso, L.M.Jiménez, D.García, "Job-Shop Scheduling applied to Computer Vision," in *Proceedings of the SPIE Conference*, vol. 3166, 1997, 158-169.
- [29] L.M.Jiménez, F.Torres, "Detection of Defects in Aluminium Surface through Computer Vision Techniques," in *Proceedings of the QCAV'97 Conference*, 1997.
- [30] J.M.Sebastián, F.Torres, O.Reinoso, J.L.Bello, E.Barroso, "Parallel Processing and Scheduling Techniques applied to the Quality Control of Bill Sheets," in *Proceedings of the IEEE 12 ICPR*, 1994, 399-403.
- [31] F.A. Candelas, F. Torres, F.G. Ortiz, P. Gil, J. Pomares And S.T. Puente, "Teaching and Learning Robotics with Internet Teleoperation," in *Proceedings of the m-ICTE*, 2003.
- [32] F.Torres, S.T.Puente, F.A.Candelas, J.Pomares, "Virtual laboratory for robotics and automation," in *Proceedings of the IFAC Workshop IBCE'01*, 2001.